



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月12日

出願番号

Application Number:

特願2000-377285

出願人

Applicant(s):

株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特許長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3070868

【書類名】 特許願
【整理番号】 002908
【提出日】 平成12年12月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G01N
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 荏原マイスター株式会社内
【氏名】 中筋 譲
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内
【氏名】 野路 伸治
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内
【氏名】 佐竹 徹
【特許出願人】
【識別番号】 000004112
【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【特許出願人】
【識別番号】 000000239
【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所
【代理人】
【識別番号】 100089705
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル2
06区 ユアサハラ法律特許事務所
【弁理士】
【氏名又は名称】 村本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

特2000-377285

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一の電子銃から放出された電子線を複数の孔を設けた開口板でマルチビームにし、前記マルチビームを少なくとも2段の静電レンズで縮小して検査されるべき試料を走査する第一次光学系と、前記試料から放出された二次電子を静電対物レンズ通過後E×B分離器で第一次光学系から分離し、その後少なくとも1段の静電レンズで拡大して複数の検出装置に入射させる第二次光学系とを備え、

スループットが大きいが解像度が比較的低いモード及びスループットが小さいが解像度が高いモードで試料を評価するように、少なくとも二種類の画素寸法で試料の評価を行うことを特徴とする電子線装置。

【請求項2】 請求項1に記載の電子線装置において、前記第一次光学系でのマルチビームの縮小率と、前記第二次光学系の静電レンズでの拡大率とを関係付けるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項3】 請求項1に記載の電子線装置において、前記第一次光学系でのクロスオーバ像を、前記スループットが大きいが解像度が比較的低いモードにおいて、前記対物レンズの主面に形成することを特徴とする電子線装置。

【請求項4】 請求項1に記載の電子線装置において、前記第二次光学系の拡大率は、第二次光学系に配置された開口アーチャよりも検出器側に設けられた静電レンズで調整されたことを特徴とする電子線装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の電子線装置を用いてプロセス途中のウエハーの評価を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイスの製造方法に関し、詳しくは、最小線幅が0.1μm以下のデバイスパターンを有する試料の欠陥検査を高いスループットでかつ高い信頼性で行える電子線装置、並びにその電子線

装置を用いてプロセス途中のウエハーを評価することにより歩留りを向上させることができるべきデバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】

最小線幅が0.1 μ m以下のデバイスパターンを有する試料の欠陥検査等を行う場合、光方式では光の回折により解像度から見て限界にきており、そのため、電子線を利用した検査・評価装置が提案されている。電子線を用いると解像度は向上するがスループットが極端に小さくなるため生産性の観点から問題がある。生産性を向上させるべくマルチビームを用いた電子線装置、即ち、单一の電子銃から放出した電子線を複数の開口に照射し、それらの開口を通過した電子ビームで試料を走査し、各像から得た二次電子を相互にクロストークなしに複数の検出器に導いて試料を検査する電子線装置については出願されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、実際に二次電子を複数の検出器で検出し高い分解能で試料を検査・評価することが可能な電子線装置を実用化することができるか否かについて、必ずしも明確でない。また、このような電子線装置においては、スループットが大きいが解像度が比較的低く比較的大きい欠陥しか検出できないモード（以下、標準モードと呼ぶ）と、スループットが小さいが解像度が高く非常に小さい欠陥でも検出可能なモード（以下、高解像度モードと呼ぶ）との二つの異なったモードを一つの装置で使用が必要である。しかし、そのような機能を有する実用的な装置はまだ開発されていない。

更に、これら二つのモードを一つの装置で使用する場合、マルチビームの走査幅を変更すること、及び第二次光学系の静電レンズの拡大率を変更すること等が必要であるが、走査幅を標準モードから狭くするとマルチビーム間に走査の隙間が生じたり、また、第二次光学系でのビーム寸法が検出器の画素寸法と一致しなくなるという問題が生じる。本発明はこのような課題を解決することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本願の発明の一つは、単一の電子銃から放出された電子線を複数の孔を設けた開口板でマルチビームにし、前記マルチビームを少なくとも2段の静電レンズで縮小して検査されるべき試料を走査する第一次光学系と、前記試料から放出された二次電子を静電対物レンズ通過後E×B分離器で第一次光学系から分離し、その後少なくとも1段の静電レンズで拡大して複数の検出装置に入射させる第二次光学系とを備え、スループットが大きいが解像度が比較的低いモード及びスループットが小さいが解像度が高いモードで試料を評価するように、少なくとも二種類の画素寸法で試料の評価を行うようにしている。このように構成したことにより、複数の電子線を用いて試料の検査・評価等を高いスループットでしかも高い信頼性で行うことができる。また、標準モードと高解像度モードとの二つのモードを一つの装置で使用することが可能となる。

電子線装置の発明の別の態様において、第一次光学系でのマルチビームの縮小率と、第二次光学系の静電レンズでの拡大率とを関係付けるようにしている。

また、電子線装置の発明の別の態様において、第一次光学系でのクロスオーバ像を、前記スループットが大きいが解像度が比較的低いモードにおいて、静電対物レンズの正面に形成するようにしている。

電子線装置の発明の更に別の態様において、第二次光学系の拡大率は、第二次光学系に配置された開口アパーチャよりも検出器側に設けられた静電レンズで調整されるようにしている。

【0005】

本願の別の発明では、上記のような電子線装置を用いてプロセス途中のウェハーの評価を行ってデバイスの製造を行うようにしている。

【0006】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して本発明による電子線装置の実施形態を説明する。

図1において、本実施形態の電子線装置1が模式的に示されている。この電子線装置1は、第一次光学系10と、第二次光学系30と、検出装置40とを備えている。第一次光学系10は、電子線を試料Sの表面に照射する光学系で、電子

線を放出する電子銃11と、電子銃から放出された電子線を縮小する静電レンズ13と、二次元的に配列された複数の小孔（ただし、図1では14aないし14iのみ図示する）が形成された第一の開口板14と、開口アーチャ15と、第一の開口板を通過した電子ビームを縮小する静電レンズ16と、静電偏向器17と、E×B分離器18と、静電対物レンズ19とを備え、それらは、図1に示すように電子銃11を最上部にして順に、かつ電子銃から放出される電子線の光軸Aが試料Sに垂直になるように配置されている。なお、電子銃1の内部には単結晶のLaB₆カソードを多数の突起を有する形状に研磨して形成された突起部12が形成されている。

また、静電レンズ13、16及び静電対物レンズ19の像面湾曲収差の影響を無くすため、図2に示すように、第一の開口板14には円周上に小孔が配置されそのX方向への投影したものは等間隔となる構造となっている。

第二次光学系30は、E×B分離器18の近くで光軸Aに対して傾斜している光軸Bに沿って順に配置された、第一の静電拡大レンズ31と、開口アーチャ32と、第二の静電拡大レンズ33と、二次元的に配列された複数の小孔（図では34aないし34iのみ図示する）が形成された第二の開口板34とを備えている。

検出装置40は第二の開口板34の各開口毎に検出器41を備えている。なお、第二の開口板34の小孔（図2において破線で示されている）34aないし34eの数及び配列は、第一の開口板13に形成される小孔（図2において実線で示されている）14aないし14eの数及び配列に一致されている。

上記各構成要素は公知のものであってもよく、それらの構造の詳細説明は省略する。

【0007】

次に、上記構成の電子線装置1における標準モードについて説明する。単一の電子銃11の多数の突起部12から放出された電子線Cは静電レンズ13で収束され、第一の開口板14を照射する。電子線Cは第一の開口板14に形成された複数の小孔（14aないし14e）を通過してマルチビームにされる。これらマルチビームは開口アーチャ15でクロスオーバー像C1を形成する。クロスオ

ーバーしたマルチビームは、試料Sに向かって進み、途中に設けられた静電中間レンズ16により収束され、静電対物レンズ19の正面に結像されて、ケラー照明条件を満足する。該結像されたマルチビームは試料上に縮小像を結像し、また、静電偏向器17とE×B分離器18の偏向器により試料上を走査される。

【0008】

試料Sから放出された二次電子は、静電対物レンズ19と試料Sとの間に印加された、二次電子に対する加速電界で加速、収束され、静電対物レンズ19を通過し、E×B分離器18により光軸Bに沿って移動するように偏向されて静電拡大レンズ31に入射する。二次電子は次に静電拡大レンズ31により拡大され、開口アパーチャ32にクロスオーバー像C2を形成する。これら結像した二次電子は、次に、静電拡大レンズ33により拡大されて第二の開口板34の小孔(34aないし34e)において結像される。第二次光学系の拡大率は2つの静電拡大レンズ31及び33で決定することができる。

図2に示すように、第一の開口板14の小孔14aを通った電子ビームにより試料Sで放出された二次電子は第二の開口板34の小孔34aを通して、小孔14bを通った電子ビームにより試料Sで放出された二次電子は小孔34bを通して、小孔14cを通った電子ビームにより試料Sで放出された二次電子は小孔34cを通して、と言ったように、電子ビームにより試料面で放出された二次電子は第一の開口板14の各小孔に対応する第二の開口板34の各小孔を通って検出器41に入射する。

【0009】

上記標準モードから高解像度モードに変更するには走査幅を変更し、かつ画像倍率を変更する必要がある。走査幅を変更することは、静電偏向器17及びE×B分離器18の偏向器のピット当たりの偏向感度を調整することにより可能である。しかしながら、走査幅を標準モードから狭くすると、マルチビームのそれぞれのビームの間に走査の隙間ができることとなる。また、第二次光学系においてビーム像間隔が検出器の間隔と一致しなくなる。

ビームの間に走査の隙間ができることについては、第一の開口板14から試料Sへの縮小率を静電レンズ16と静電対物レンズ19とをズーム動作させること

により、画素寸法の変化に対応して変化させることで解決できる。クロスオーバー像C1を対物レンズ19の正面に結像させるケーラ照明条件は、標準モードでのみ満たすようにし、高解像度モードでは満たさないものとする。

また、第二次光学系においてビーム像間隔が検出器の検出器間の寸法と一致しなくなる対策として、第二次光学系の開口アパーチャ32の位置及び大きさは固定とし静電拡大レンズ33の励起電圧を変えることにより試料の各ビームから放出された二次電子の主光線が対応する第二の開口板の小孔に入射するようしている。即ち、第二次光学系の静電拡大レンズ33により、拡大倍率と開口アパーチャ32でのクロスオーバーの合焦条件とを合わせるようにしている。また、マルチビームの縮小率を静電レンズ16と静電対物レンズ19とをズーム動作させると共に、ズーム動作に關係付けて第二次光学系の静電拡大レンズ31、33で拡大率を変更することにより、二種類の画像寸法で試料の評価を行うことができる。

【0010】

次に、図3及び図4を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法を説明する。

図3は本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
- (2) 露光に使用するマスクを製造するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- (3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程
- (4) ウエハ上に形成されたチップを一個づつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程
- (5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0011】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが（

3) のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリーや MPU として動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

- (1) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVD やスパッタリング等を用いる)
- (2) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- (3) 薄膜層やウエハ基板を選択的に加工するためにマスク (レクチル) を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程
- (4) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッティング工程 (例えばドライエッティング技術を用いる)
- (5) イオン・不純物注入拡散工程
- (6) レジスト剥離工程
- (7) 加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0012】

図4は、図3のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。リソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

- (1) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程
- (2) レジストを露光する工程
- (3) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程
- (4) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、及びリソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記 (7) の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【0013】

【発明の効果】

本発明によれば、以下のような効果を奏することが可能である。

- (1) 任意の倍率の画像を走査の隙間なく形成することができるので、標準モード及び高解像度モードで使用することができる。
- (2) 倍率を変更した場合でも、画像寸法とビーム寸法とを略対応させることができる。
- (3) 標準モードでは第一次光学系のケーラ照明条件を満足することができる。一方、高解像度モードの場合での第一次光学系のケーラ照明条件からのズレは少なく、収差はそれ程増大しない。
- (4) 試料面に対して垂直方向に放出された試料からの二次電子が第二次光学系の光軸と交差する位置に開口アパーチャを設けているため、モードを変更した場合でも、マルチビームの間に強度差の無い二次電子検出ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による電子線装置の光学系を模式的に示した説明図である。

【図2】

本発明の電子線装置の第一の開口板及び第二の開口板における、それぞれの開口の配置を示した図である。

【図3】

デバイス製造工程を示すフローチャートである。

【図4】

リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【符号の説明】

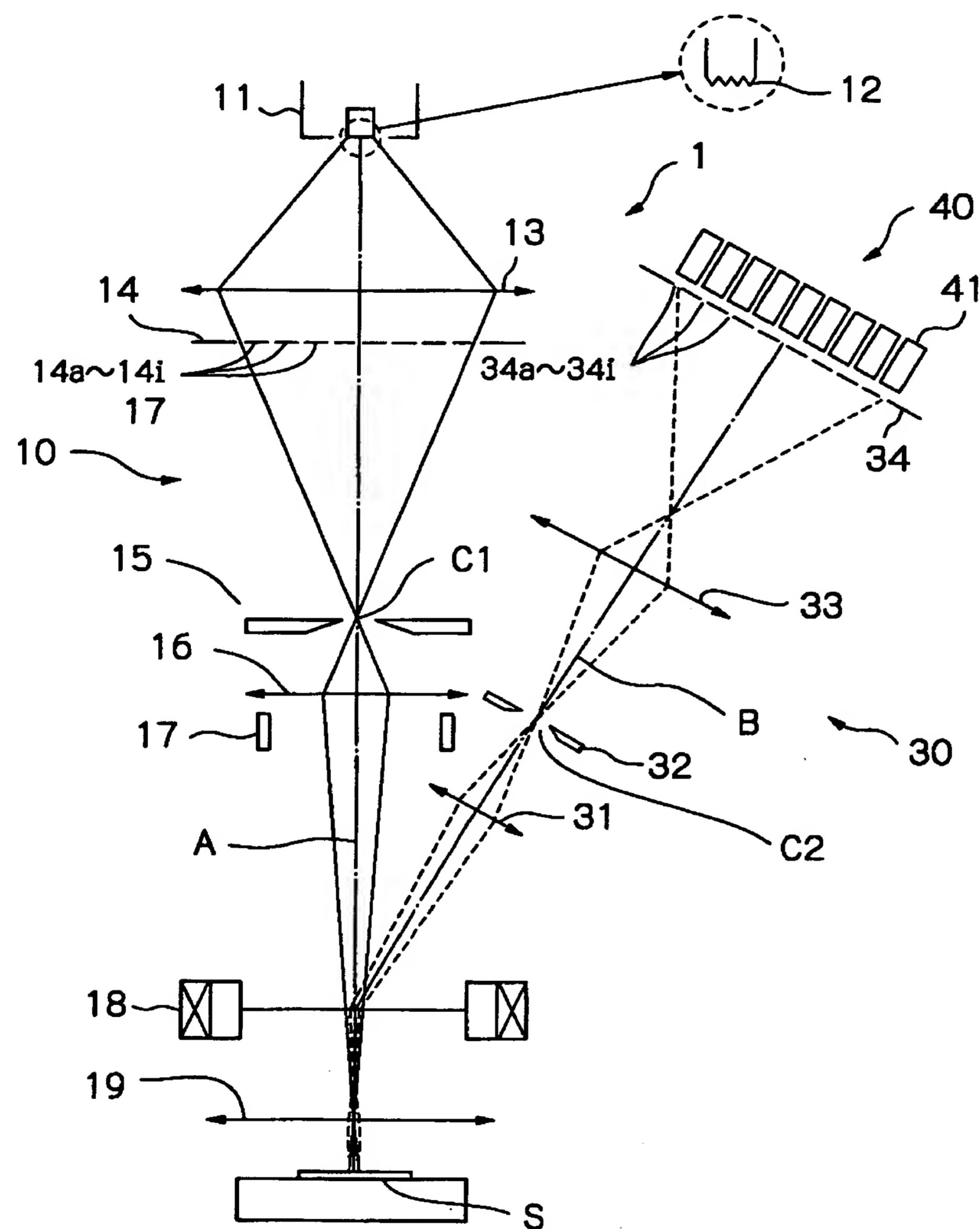
1 : 電子線装置	10 : 第一次光学系
11 : 電子鏡	12 : 突起部
13 : 静電レンズ	14 : 第一の開口板
15 : 開口アパーチャ	16 : 静電レンズ
17 : 静電偏向器	18 : E × B 分離器

19: 静電対物レンズ
31: 静電拡大レンズ
33: 静電拡大レンズ
40: 検査装置

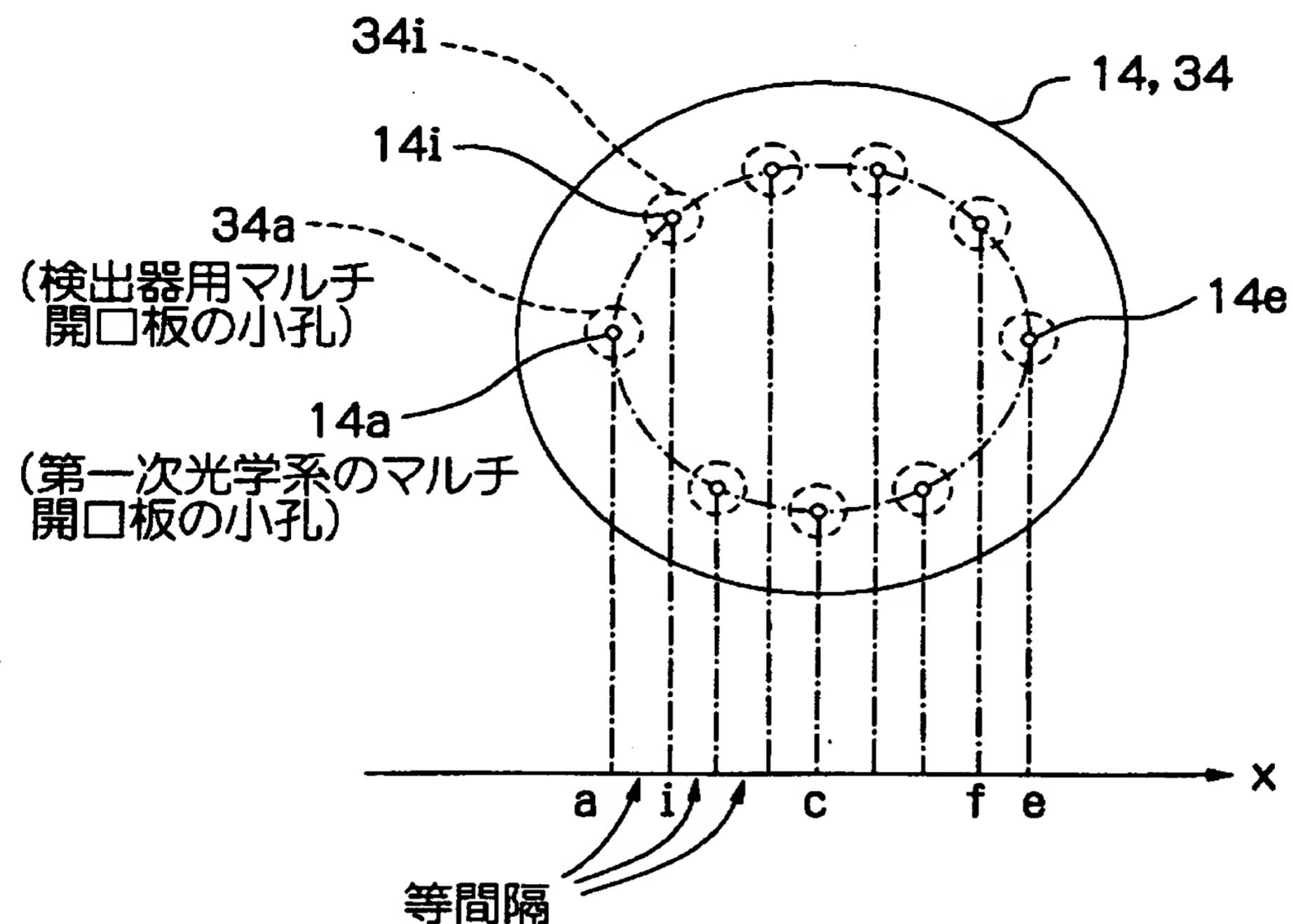
30: 第二次光学系
32: 開口アーチャ
34: 第二の開口板
41: 検出器

【書類名】 図面

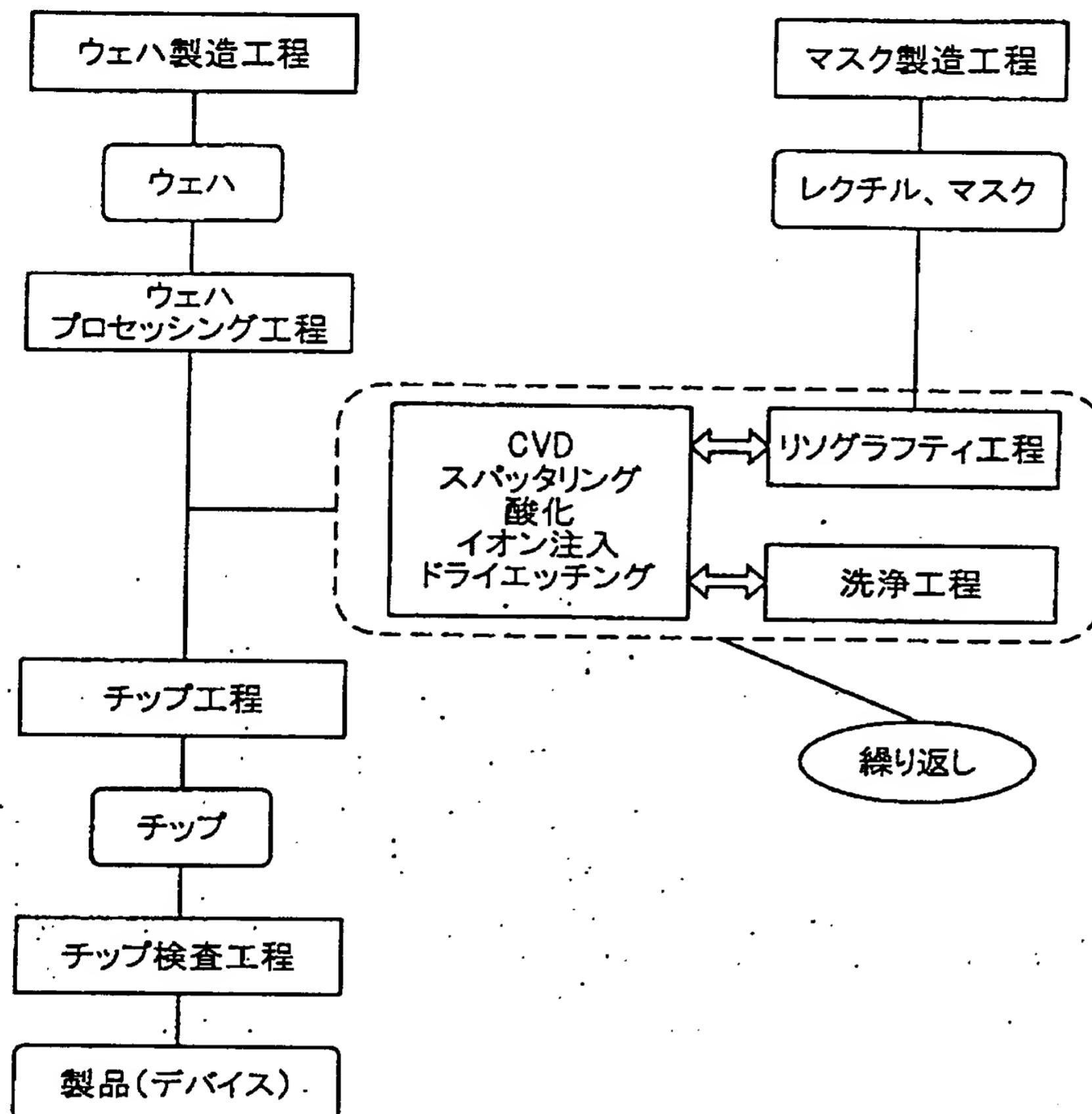
【図1】



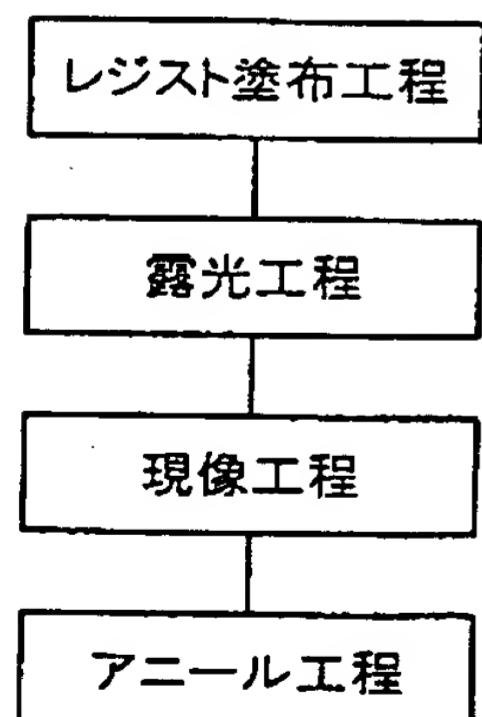
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料の検査・評価等を高いスループットでしかも高い信頼性で行うことができる具体的な電子線装置を提供する。

【解決手段】 第一次光学系は、電子線を放出する単一の電子銃11、複数の孔を設けた開口板14、複数のレンズ13、16、19及びE×B分離器18を有していて電子銃からの電子線を検査されるべき試料S上に照射する。第二次光学系は、試料Sから放出された二次電子をE×B分離器18で第一次光学系から分離し、二次電子検出装置40に入射させる。電子銃からの電子線は開口板34に結像され、検出器で検出される。試料の評価は、スループットが大きいが解像度が比較的低いモード及びスループットが小さいが解像度が高いモードで行われ、少なくとも二種類の画素寸法で行うことができる。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン

出願人履歴情報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所